

12

⑬ 日本国特許庁(JP) ⑭ 特許出願公開  
⑯ 公開特許公報(A) 昭60-257511

⑰ Int.Cl.<sup>4</sup> 識別記号 庁内整理番号 ⑱ 公開 昭和60年(1985)12月19日  
H 01 L 21/20 7739-5F  
21/263 6603-5F  
審査請求 未請求 発明の数 2 (全5頁)

⑳ 発明の名称 熱処理方法及びそれに用いる熱処理装置

㉑ 特 願 昭59-114306

㉒ 出 願 昭59(1984)6月4日

㉓ 発 明 者 狩 野 靖 夫 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
㉔ 発 明 者 碓 井 節 夫 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
㉕ 出 願 人 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号  
㉖ 代 理 人 弁理士 伊 藤 貞 外1名

明 細 書

発明の名称 熱処理方法及びそれに用いる熱処理装置。

特許請求の範囲

1. ガウス型エネルギー密度分布を有するエネルギービームを夫々の長軸方向が互いに直交する分割半円筒レンズと半円筒レンズによって成形したエネルギービームを用いて被処理体を熱処理することを特徴とする熱処理方法。
2. ガウス型エネルギー密度分布を有するエネルギービームの発生手段と、夫々の長軸方向が互いに直交する分割半円筒レンズ及び半円筒レンズを含む光学系とを有し、上記エネルギービームを上記光学系によって成形して被処理体に照射するようにして成る熱処理装置。

発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、例えば絶縁物上にシリコン結晶薄膜を形成する所謂SOI技術(Silicon on Insulator)等に使用される熱処理方法及びその熱処理装置に

関する。

背景技術とその問題点

近時、半導体装置の製造に應用される半導体技術としてSOI技術の開発が進められている。この絶縁物上の結晶成長法として、絶縁膜(又は基板)上に多結晶シリコン薄膜を形成し、これを加熱溶融して再結晶化する方法があり、その再結晶化の際の熱処理として例えばレーザービームが用いられる。

ところで、例えば島状にパターンニングした多結晶シリコン薄膜をA<sub>1</sub>レーザービームによって再結晶化する場合、通常のガウス型エネルギー密度分布のレーザービームでパターン形成によっては良好な結晶(又は単結晶)が得られるが、より広い面積で再現性よく結晶薄膜を得るには、島状の多結晶シリコン薄膜に照射されるレーザービームとして均一エネルギー密度分布の環状レーザービームが望みとえられる。即ち、均一エネルギー密度分布の環状レーザービームを用いれば、固液相界面がビーム走査方向と垂直になってレーザービーム走査

に伴って進むために、良い結晶成長が得られる。線状レーザービームを得る方法としては楕円レンズを使用する方法、半円筒レンズを2個使用する方式等があるが、これらはレーザービームの長手方向のみエネルギー分布がガウス分布となっている。

又、この再結晶化に際して、双峰型エネルギー密度分布のレーザービームを使用する場合にも結晶性の良いシリコン結晶成長が得られる。

#### 発明の目的

本発明は、上述の点に鑑み、簡単な光学系により均一エネルギー密度分布の線状エネルギービーム又は双峰型エネルギー密度分布のエネルギービーム等を得て被処理体を良好に熱処理できるようにした熱処理方法及びその熱処理装置を提供するものである。

#### 発明の概要

本発明は、ガウス型エネルギー密度分布を有するエネルギービームを夫々長軸方向が互いに直交する分割半円筒レンズと半円筒レンズによって成形したエネルギービームを用いて被処理体を熱処

理する熱処理方法である。

又、本発明は、ガウス型エネルギー密度分布を有するエネルギービーム発生手段と、夫々の長軸方向が互いに直交する分割半円筒レンズ及び半円筒レンズを含む光学系とを有し、エネルギービームをこの光学系によって成形して被処理体に照射するようにして成る熱処理装置である。

この発明では、簡単な光学系により均一エネルギー密度分布の線状エネルギービーム又は双峰型エネルギー密度分布のエネルギービーム等が得られ、これらのエネルギービームによる良好な熱処理が可能となる。従って例えばSOI技術での熱処理に適用した場合、良好な結晶成長が行える。

#### 実施例

以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

本発明においては、第1図及び第3図に示すように、ガウス型エネルギー密度分布を有するエネルギービーム例えばAレーザービームを発生させるレーザービーム発生器(1)と、これよりのレーザービ

ームB。の径を拡大するビームエキスパンダ(2)、レーザービームB。を実質的に2分割する分割半円筒レンズ(3)及び半円筒レンズ(4)を有してなる光学系(5)とから成る熱処理装置(6)を設ける。この場合、分割半円筒レンズ(3)と半円筒レンズ(4)はレンズの焦点距離を異にし、且つ互いに長軸方向が直交するように配置する。ここで、分割半円筒レンズ(3)とは、第6図に示すように、同一の曲率半径を有する2個の半円筒レンズ(7)及び(8)を同一平面上で重ね合わせた場合における両レンズの共有部分よりなる合成レンズ(9)を使用したものに相当し(実線で囲まれた部分)、例えば第7図Aに示すように、1枚の半円筒レンズの中心部を幅dだけ削除して1対のレンズ片(10)、(11)を設け、このレンズ片(10)と(11)を第7図Bに示すように透明接着剤等で合体することにより作ることができる。この合成レンズ(9)に対してレーザービームB。を照射すると、レンズ片(10)に入射した平行レーザービームB。はF<sub>1</sub>に集光し、レンズ片(11)に入射した平行レーザービームB。はF<sub>2</sub>に集光し、2本に分

割したレーザービームを作ることができる。

而して、上述の熱処理装置(6)において、第1図及び第3図に示すようにビームエキスパンダ(2)からの平行レーザービームB。が分割半円筒レンズ(3)に入射されると、実線図示の如く平行レーザービームB。は焦点面(1)の2ヶ所F<sub>1</sub>及びF<sub>2</sub>に互いに距離Dだけ離れて集光される。又、レーザービームB。が半円筒レンズ(4)に入射されると点線図示の如くこのレーザービームは焦点面(1)で集光されることになる。

従って、レーザービームB。は第1図の各位置a、b、c、d、e、f及びgにおいて、夫々第2図A、B、C、D、E、F及びGに示す如きビームスポット形状を有するレーザービームB<sub>01</sub>、B<sub>02</sub>、B<sub>03</sub>、B<sub>04</sub>、B<sub>05</sub>、B<sub>06</sub>及びB<sub>07</sub>に変化する。この結果、焦点面(1)においてはガウス分布を有したレーザービームが中央で分割され折り返しになって重なった状態となって、ほぼ均一なエネルギー密度分布(1)(第4図参照)を有する第2図Dの線状レーザービームB<sub>08</sub>が得られる。又、焦点面

(a)においてはガウス型エネルギー密度分布(8)  
(第5図参照)を有した2箇の線状レーザービーム  
B<sub>1a</sub>が得られる。一方、焦点面(a)と(b)の間  
においては楕円ビームを切断して同合わせた形のビ  
ームスポット形状、即ち双峰型エネルギー密度分  
布を有するレーザービームB<sub>1b</sub>が得られる。なお、均  
一エネルギー密度分布の線状レーザービームB<sub>1c</sub>の  
長さは分割半円筒レンズ(3)の互いの光軸のずれ量  
即ち第6図の幅dと、分割半円筒レンズ(3)及び半  
円筒レンズ(4)間の距離eとによって調整できる。  
従って、目的に応じて位置a~g間の任意の位  
置を選ぶことにより、種々の成形されたレーザービ  
ームが得られる。

本例では、かかる成形されたレーザービーム例え  
ば均一エネルギー密度分布を有する線状レーザービ  
ームB<sub>1a</sub>を第8図及び第9図に示すように、例え  
ばガラスまたはシリコン結晶の基板(11)上に  
SiO<sub>2</sub>皮(12)を介して被着した結状にパターンニ  
ングされた多結晶シリコン膜(13)上に照射し、矢  
印方向(14)に走査してこの多結晶シリコン膜

(13)を溶融し、再結晶化する。

この様に均一エネルギー密度分布の線状レーザ  
ビームB<sub>1a</sub>を用いるときは、広い面積の結晶化が  
再現性よく得られる。

又、双峰型エネルギー密度分布のレーザービーム  
を多結晶シリコン膜に照射して再結晶化した場合  
も結晶性のよいシリコン結晶膜が得られる。

尚、上例ではSOI技術における半導体導膜の  
再結晶化時の熱処理に適用したが、これに限らず  
他の熱処理にも適用できる。

#### 発明の効果

本発明によれば、夫々の長軸方向が互いに直交  
する様に配した分割半円筒レンズ及び半円筒レン  
ズを含む光学系を用いてガウス型エネルギー密度  
分布を有するエネルギービームを成形することに  
より、均一エネルギー密度分布の線状エネルギー  
ビーム、双峰型エネルギー密度分布のエネルギー  
ビーム等が簡単に得られる。そして目的に応じて  
この成形されたエネルギービームを選択して用い  
被処理体を熱処理することにより良好な熱処理が

できる。

従って例えばSOI技術においてその多結晶シ  
リコン膜の再結晶化の際の熱処理等に適用して好  
適ならしめる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明の熱処理装置の一例を示す構成  
図、第2図は第1図の各位置に対応したビームス  
ポット形状を示す断面図、第3図は第1図の要部  
を示す略線的斜視図、第4図及び第5図は夫々エ  
ネルギー密度の分布図、第6図及び第7図は分割  
半円筒レンズの説明に供する図、第8図及び第9  
図は本発明の熱処理方法をシリコンの再結晶化に  
適用した場合の平面図及びその断面図である。

(1)はレーザービーム発生器、(2)はビームエキス  
パンダ、(3)は分割半円筒レンズ、(4)は半円筒レン  
ズである。

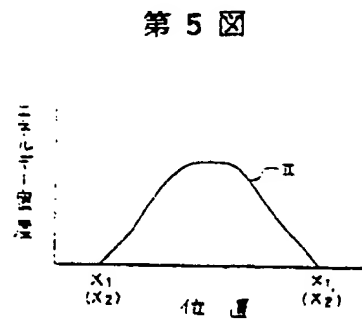
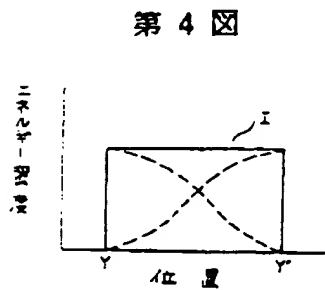
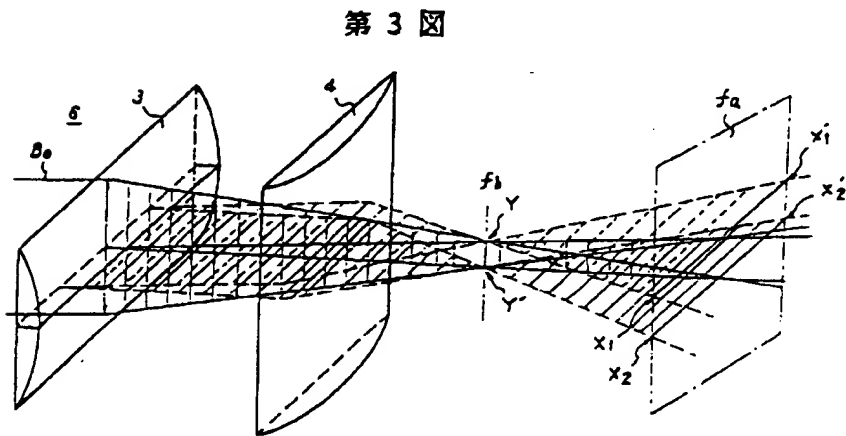
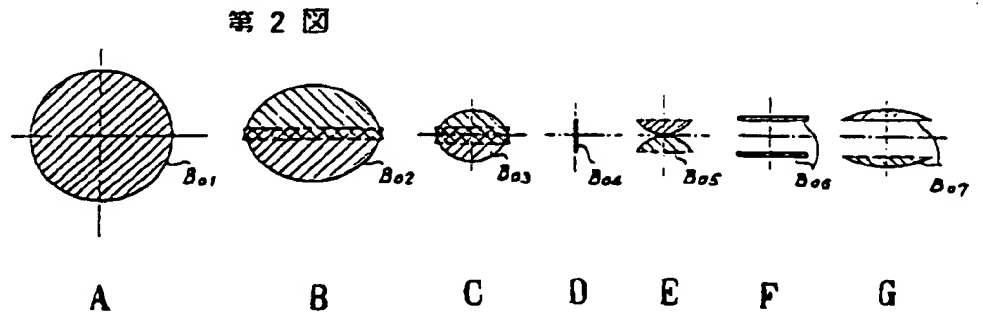
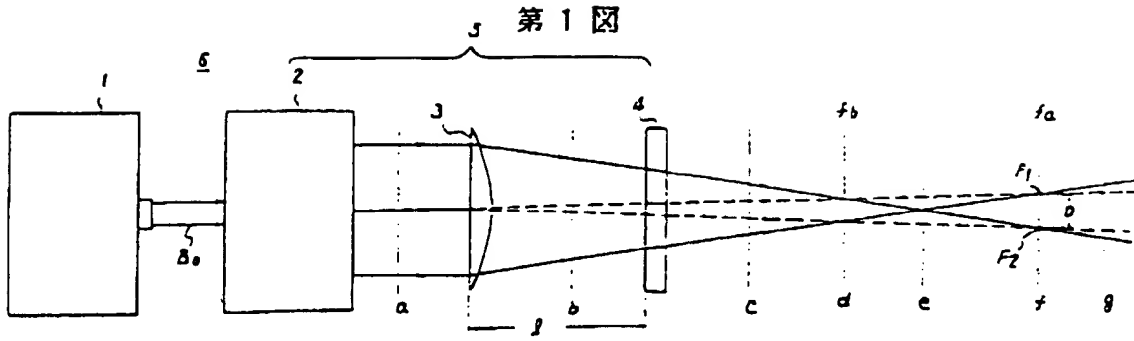
代理人

伊藤

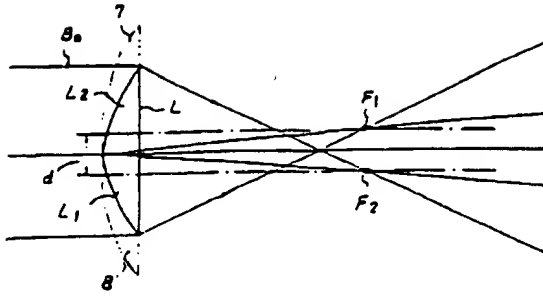
貞

同

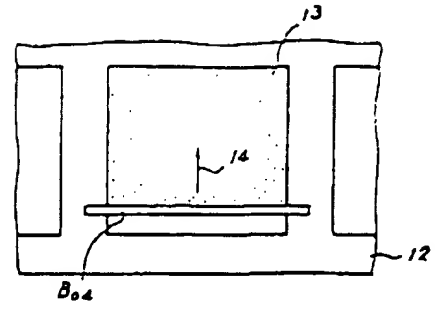
松原秀彦



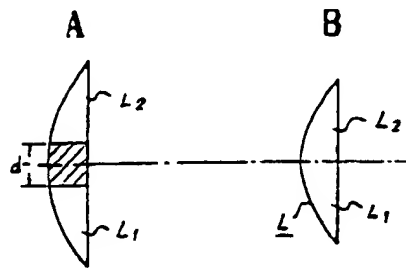
第 6 図



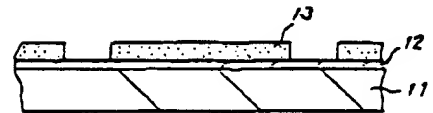
第 8 図



第 7 図



第 9 図



(12) Patent Application Laid-Open Official Gazette (A)

(19) Japanese Patent Office (JP)

(11) Patent Application Laid-Open No.: Sho 60-257511

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>

H 01 L 21/20

21/263

Discrimination Mark

Official Reference No.

7739-5F

6603-5F

Request for examination: No

Number of Claim: 2 (Total: 5 pages)

(54) Title of Invention: A Thermal Treatment Method and a Thermal Treatment Apparatus for it

(21) Patent Application No. Sho 59-114306

(22) Filing Date: June 4, 1984

(72) Inventor: Yasuo Kano

c/o Sony Corporation

6-7-35, Kitasinagawa, Sinagawa, Tokyo

(72) Inventor: Setsuo Usui

c/o Sony Corporation

6-7-35, Kitasinagawa, Sinagawa, Tokyo

(71) Applicant: Sony Corporation

6-7-35, Kitasinagawa, Sinagawa, Tokyo

(74) Patent Attorney: Tei Ito and other

**Specification**

1. Title of the Invention

A Thermal Treatment Method and a Thermal Treatment Apparatus for it

2. What Is Claimed

- (1) A thermal treatment method characterized as treating thermally a material by an energy beam formed out of an energy beam with Gaussian energy density distribution by a dividing cylindrical lens and a cylindrical lens that each direction of major axis is rectangular each other.
- (2) A thermal treatment apparatus comprised of a means of generating the energy beam with Gaussian energy density distribution and an optical system which contains the dividing cylindrical lens and the cylindrical lens, wherein each direction of major axis is rectangular each other, and thereby irradiating the material with the said energy beam formed by the said optical system.

### 3. Detailed Description of the Invention

#### An Industrial Utilizable Field

The present invention relates to a thermal treatment method and its apparatus used, for example, in the so-called SOI (Silicon on Insulator) technology etc., forming a silicon crystal thin film on the surface of an insulating material.

#### A Background Technique and its Problems

Recently, SOI technology has been developed as a semiconductor technique applied to manufacture of a semiconductor device. As a crystal growth method on the surface of the insulating material, there is a method of forming a polycrystal silicon thin film on the surface of an insulating film (or a substrate) and recrystallizing it by heating and solvating. For example, a laser beam is used in thermal treatment in recrystallization.

By the way, for example, in case of recrystallizing the polycrystal silicon thin film patterned in island shape by Ar laser beam, good crystal (or monocrystal) is obtained by the laser beam with the usual Gaussian energy density distribution dependent on pattern formation. But, in order to obtain the crystal thin film with good reproducibility in broader area, as the laser beam irradiated to the island shaped polycrystal silicon thin film, the linear laser beam with uniform energy density distribution is considered as suitable. Namely, when the linear laser beam with uniform energy density distribution is used, a good recrystallized film is obtained because an interface between solid and melt becomes vertical to the scanning direction of the beam and moves with the laser beam scan. As a method to obtain the linear laser beam, there are a method using an oval lens and a method using two cylindrical lenses. This energy distribution in longer direction of the laser beam is Gaussian distribution.

And, in this recrystallization, the silicon crystal thin film with good crystallizability is obtained in case of using the laser beam with twin peaks shape energy density distribution.

#### The Purpose of the Present Invention

The present invention, in consideration of the said problems, offers the thermal treatment method and the thermal treatment apparatus that makes it possible that good thermal treatment of the material is made by the linear energy beam with uniform energy density distribution or the energy beam with twin peaks shape energy density distribution etc. obtained by simple optical system.

#### Abstract of the Present Invention

The present invention is a thermal treatment method treating thermally a material by an energy beam formed out of an energy beam with Gaussian energy density distribution by a dividing cylindrical lens and a cylindrical lens that each direction of major axis is rectangular each other.

And, the present invention is a thermal treatment apparatus including a means of generating the energy beam with Gaussian energy density distribution and an optical system which contains the dividing cylindrical lens and the cylindrical lens that each direction of major axis is rectangular each other, and irradiating the material with the energy beam formed by this optical system.

In this invention, the linear energy beam with uniform energy density distribution or the energy beam with twin peaks shape energy density distribution etc. is obtained by simple optical system, and good thermal treatment by these energy beams is possible. Therefore, for example, in case of applying to thermal treatment in SOI technology, good crystal growth is obtained.

### Embodiment

An embodiment of the present invention is explained referring to Figures as follows.

In the present invention, as shown in Figure 1 and Figure 3, thermal treatment apparatus (6) is provided, which is composed with laser beam generator (1) generating the energy beam with Gaussian energy density distribution, for example Ar laser beam, and optical system (5) contains beam expander (2) expanding the diameter of the laser beam  $B_0$  from laser beam generator (1), dividing cylindrical lens (3), and cylindrical lens (4) dividing laser beam  $B_0$  into two substantially. In this case, dividing cylindrical lens (3) and cylindrical lens (4) are disposed as each focal length is not same, and directions of major axes are rectangular each other. As shown in Figure 6, the dividing cylindrical lens (3) corresponds to the compound lens L (the part surrounded by solid line) composed with the covalent part which two cylindrical lenses (7) and (8) with the same radius of curvature are superposed on the same flat surface. For example, as shown in Figure 7-A, it can be made by providing the pair of lens piece  $L_1$  and  $L_2$  by cutting out the central part of one cylindrical lens by width of  $d$ , and as shown as Figure 7-B, by combining them with a transparent bond. When laser beam  $B_0$  is irradiated the compound lens L, incident parallel laser beam  $B_0$  on the lens piece  $L_1$  condenses at  $F_1$  and that on the lens piece  $L_2$  condenses at  $F_2$ , and so, two divided laser beams can be made.

Then, in the said thermal treatment apparatus (6), as shown in Figure 1 and 3, when incident parallel laser beam  $B_0$  from the beam expander (2) on the dividing cylindrical lens (3) as shown by solid line condenses at two points  $F_1$  and  $F_2$  of focal plane  $fa$  at a distance of  $D$  each other. And incident parallel laser beam  $B_0$  on the cylindrical lens (4) as shown by dotted line condenses on focal plane  $fb$ .

Therefore, laser beam  $B_0$  changes into laser beam  $B_{01}$ ,  $B_{02}$ ,  $B_{03}$ ,  $B_{04}$ ,  $B_{05}$ ,  $B_{06}$  and  $B_{07}$  with beam spot shape shown in Figure 2-A, B, C, D, E, F and G at each point of a, b, c, d, e, f and g in Figure 1. As a result, because the laser beam with Gaussian distribution is divided in center and is in the condition of turn and superposition on focal plane  $fb$ , the linear laser beam  $B_{04}$  with almost uniform energy density distribution (I) (referring to Figure 4) shown in Figure 2-D is obtained. And, two linear laser beams  $B_{06}$  with Gaussian energy density distribution (II) (referring to Figure 5) are obtained on focal plane  $fa$ . On the other hand, laser beam  $B_{05}$  with beam spot shape of cutting the oval beam and facing each other, that is to say, twin peaks shape energy density distribution is obtained between focal planes  $fa$  and  $fb$ . Moreover, the length of linear laser beam  $B_{04}$  with uniform energy density distribution is controlled by the shift of each optic axis of dividing cylindrical lens (3), that is to say, by width of  $d$  in Figure 6, and by distance of  $l$  between dividing cylindrical lens (3) and cylindrical lens (4).

Therefore, various formed laser beams are obtained by choice of any position between position a and position g according to purposes.

In this embodiment, the formed laser beam, for example, the linear laser beam  $B_{04}$  with



uniform energy density distribution irradiates on the polycrystal silicon film (13) patterned in island shape adhered through  $\text{SiO}_2$  film on glass or silicon crystal substrate (11) as shown in Figure 8 and 9, and solvates this polycrystal silicon film (13) by scanning in the direction of arrow (14) and recrystallizing it.

Thus, when the linear laser beam  $B_{01}$  with uniform energy density distribution is used, crystallization of wide area is obtained reproducibly.

And, in case that laser beam with twin peaks shape energy density distribution irradiates on polycrystal silicon film and recrystallizes it, silicon crystal film with good crystallization is obtained.

Further, in the above embodiment, the present invention applies to other thermal treatment as well as the thermal treatment at recrystallization of semiconductor film in SOI technology.

### An Effect of the Present Invention

By the present invention, the linear energy beam with the uniform energy density distribution and the energy beam with twin peaks shape energy density distribution and etc. is obtained easily by forming out of the energy beam with Gaussian energy density distribution using simple optic system contains dividing cylindrical lens and cylindrical lens being disposed as direction of major axis is rectangular each other. And when the material is treated thermally by this formal energy beam chosen and used according to the purpose, a good thermal treatment can be made.

Therefore, for example, it is suitable for applying to thermal treatment and etc. at recrystallization of the polycrystal silicon film in SOI technology.

### A Brief Explanation of Figures

Figure 1 is a block diagram showing the example of thermal treatment apparatus of the present invention, Figure 2 is a sectional view showing the beam spot shape correspondent to the each position in Figure 1. Figure 3 is a diagrammatic cross-eyes view showing the main point of Figure 1. Figure 4 and 5 are energy density distribution graphs. Figure 6 and 7 are charts for explanation of dividing cylindrical lens. Figure 8 and 9 are plan view and its sectional view in case of applying the thermal treatment method of the present invention to recrystallization of silicon.

- (1) laser beam generator
- (2) beam expander
- (3) dividing cylindrical lens
- (4) cylindrical lens

Patent Attorney      Tei Ito  
                               Hidemori Matsuzaka